

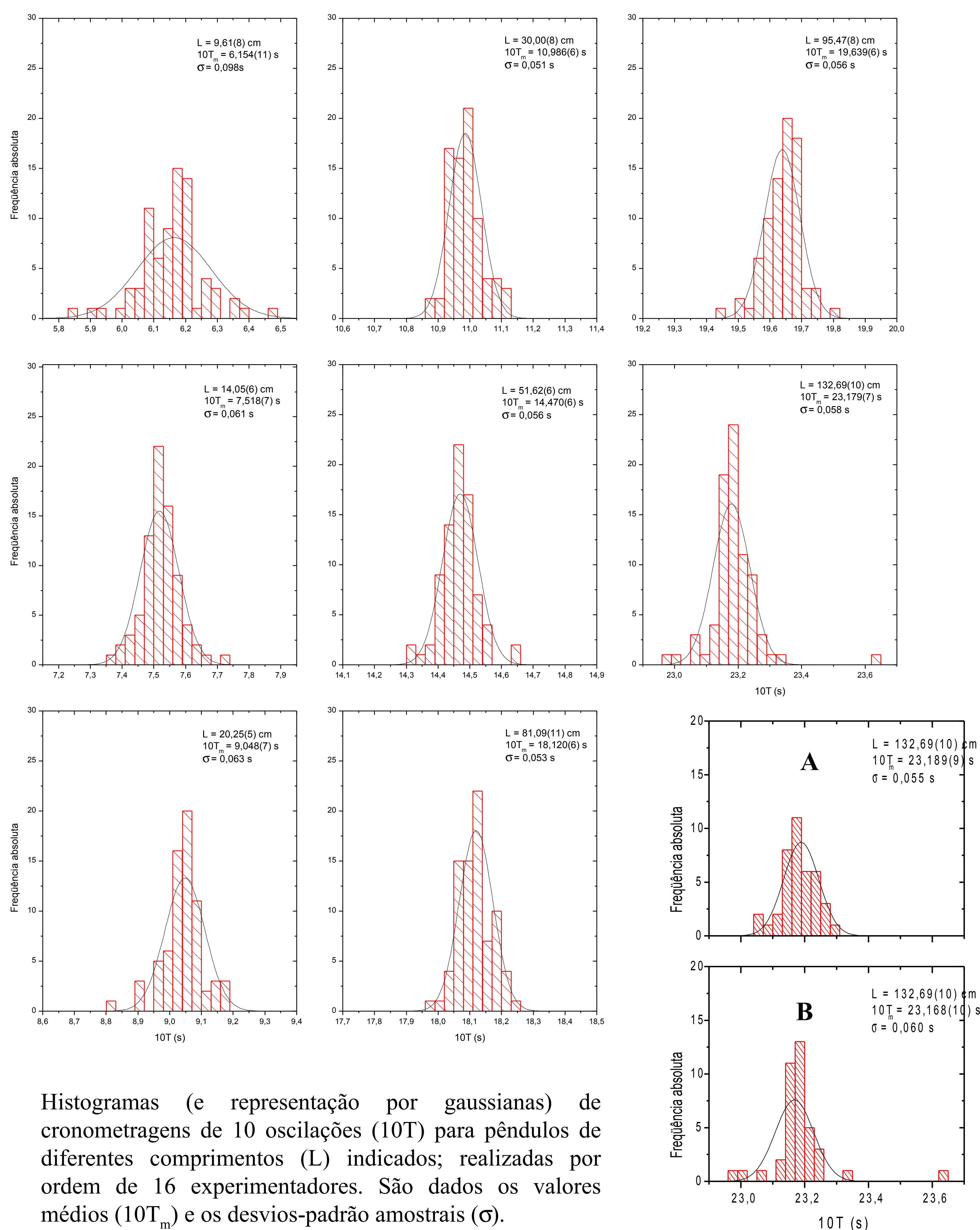
# A ação coletiva: instrumento para introduzir atitudes positivas frente à experimentação

L.B.Horodynski-Matsushigue, Z.O.Guimarães-Filho, R.M.Castro, P.R.Pascholati, E.W.Cybulska e K.Watari  
Instituto de Física da Universidade de São Paulo  
e-mail [zwinglio@if.usp.br](mailto:zwinglio@if.usp.br)

**Problema:** a falta de confiança nos resultados de medições.

O laboratório não “dá certo” na visão de boa parte dos alunos, o que leva alguns até mesmo a alterar seus resultados. Esta atitude é freqüentemente o início de um círculo vicioso, o qual realimenta a expectativa inadequada, sendo, pois, importante que a questão seja atacada logo ao primeiro contato com o processo experimental.

É essencial convencer os alunos de que a ocorrência de flutuações nos valores obtidos é uma característica inerente ao processo de medir.



Histogramas (e representação por gaussianas) de cronometragens de 10 oscilações (10T) para pêndulos de diferentes comprimentos (L) indicados; realizadas por ordem de 16 experimentadores. São dados os valores médios ( $10T_m$ ) e os desvios-padrão amostrais ( $\sigma$ ).

Histogramas, separados por observadores A e B, correspondentes ao de  $L = 132,7$  cm.

**Remédio:** Mostrar que, sem expectativa anterior, observadores diferentes *obtem valores consistentes*, dentro de *flutuações características* do particular processo de *medição*.

Nos últimos dois anos, IFUSP utiliza atividade com equipamentos simples (pêndulos): medições (dos comprimentos e períodos) são realizadas, em esquema de rodízio entre equipes, em vários sistemas, em princípio equivalentes, nos quais uma grandeza relevante (comprimento) possui valores diferentes. Os dois alunos (A e B) de cada equipe medem separadamente, com dois cronômetros digitais de centésimos de segundo, o tempo correspondente a dez oscilações do pêndulo, por sete vezes consecutivas. Os resultados de cada equipe são depositados em envelope fechado e, ao fim do processo, histogramados, após o descarte das duas primeiras informações, pela equipe que construiu o respectivo pêndulo com um comprimento pré-determinado. O cálculo e a comparação das médias e dos desvios padrão ou das próprias “larguras dos histogramas” demonstra a regularidade e previsibilidade em *média* dos resultados e cimeta a confiança no ato de medir.

**Quão previsíveis são cronometragens manuais de fenômenos periódicos?**

- **Flutuações** em cronometragens manuais são, tipicamente, da ordem de **décimo de segundo**, resultando do cancelamento imperfeito do tempo de reação nas ações de *partir* e *parar* o instrumento;
- O **desvio-padrão da distribuição** é uma boa medida da semi-largura do histograma resultante. Ele caracteriza quanto em média cada valor flutua ao redor da média;
- Em situações experimentais de determinação mais difícil (comprimentos do pêndulo muito pequenos, por exemplo) isto é refletido por desvio-padrão maior;
- Havendo **disponibilidade de vários cronometristas**, pequenas tendências sistemáticas, por ventura devidas a algum observador são em geral compensadas em média por tendências opostas de outro experimentador: a média pode ser determinada com **melhor acurácia e precisão** da ordem e centésimos de segundos;
- **Enganos**, como a medição com valor muito alto verificado para  $L = 132,7$  cm, **são claramente caracterizados** como tais e devem ser excluídos da análise;
- Separando os cronometristas, aleatoriamente em sub-grupos A e B, os resultados obtidos são consistentes entre os sub-grupos, como deveriam ser. Em particular mostrou-se isto para o conjunto com  $L = 132,7$  cm, que mostra que o engano foi cometido por um dos cronometristas B;
- Como o amortecimento pouco influi sobre o período de movimentos periódicos (embora tenha grande influência sobre as amplitudes), **medir múltiplos de período** melhora a precisão (incerteza relativa);
- Os **comprimentos L** são mais pobremente determinados do que se esperaria, com **desvio-padrão entre 3 e 4 mm**.

**FINALMENTE:** Como cada equipe de alunos claramente não foi influenciada pelas medidas dos outros grupos, **FOI CRIADA UMA RELAÇÃO DE CONFIANÇA NO ATO DE MEDIR**, ao se verificar a sistemática que *naturalmente* se apresenta para o conjunto global dos dados.

Reconhecemos, com apreço, o continuado empenho dos técnicos do Laboratório Didático do IFUSP.

Agradecemos o apoio financeiro da Pró-Reitoria de Graduação da USP e o interesse da Comissão de Graduação do IFUSP.

## Referências

- L.B. Horodynski-Matsushigue et al, Programas e resumos do XII SNEF 1997, pág. 100.
- L.B. Horodynski-Matsushigue et al, in Programas e Resumos XIII SNEF 1999, pág. 42.
- L.B. Horodynski-Matsushigue et al, in anais da IACPE7, em CDROM, 2000.
- J.H. Vuolo et al, Física Experimental 1 e 2, apostila, IFUSP, São Paulo, 2000.